

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Konstrukce zahradní nádrže na vodu

Design of a Garden Water Tank

Student:

Miroslav Černý

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student:	Miroslav Černý
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma:	Konstrukce zahradní nádrže na vodu Design of a Garden Water Tank

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh zahradní nádrže na vodu včetně nosné konstrukce pro potřeby zavlažování dle zadaných podmínek. Zpracujte:

- řešerši norem s danou problematikou, přehled výrobků na trhu
- koncepční návrh
- základní návrhové a kontrolní výpočty.

Zadané podmínky:

- objem nádrže 300 až 500 l, možnost doplňování dešťovou vodou a vodou z vodovodního řádu, vypouštění zahradní hadicí
- nosná konstrukce svařovaná, popř. montovaná z ocelových polotovarů, antikorozní ochrana
- nádrž vlastní konstrukce nebo typizovaná dle dodavatele
- poloha dna nádrže ve výšce cca 2 m nad terénem.

Požadovaný rozsah práce

- hlavní textová část cca 30 stran
- v přílohách výkres sestavy (min. formát A1) a vybraný výrobní výkres.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

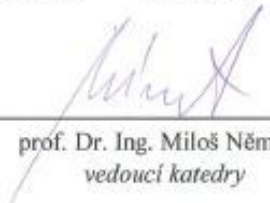
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**


Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010





prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17.5.2010

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- 1) jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17.5.2010

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Miroslav Černý

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hlavní 399/159, 747 28 Štěpánkovice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ČERNÝ, M. *Konstrukce zahradní nádrže na vodu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra části a mechanismů strojů, 2010, 37 s. Vedoucí práce: Pišťáček, D.

Bakalářská práce se zabývá konstrukcí zahradní nádrže na vodu pro potřeby zavlažování s napojením na svod dešťové vody a vodovodní řad. V úvodu je vypracována rešerše výrobků a norem s danou problematikou. Jsou navrženy tři varianty možných řešení. Pro nejvhodnější variantu jsou vybrány konstrukční prvky, které se následně dimenzují a je provedena jejich kontrola. Po výpočtu je nakreslen sestavní výkres nádrže s nosnou konstrukcí a výrobní výkres její části. Výsledkem práce je konstrukční návrh, sestavený z typizované nádrže o objemu 300 l, umístěné ve výšce 2 m nad terénem, a nosné konstrukce.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

ČERNÝ, M. *Design of a Garden Water Tank: Bachelor Thesis*. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2010, 37 p. Thesis head: Pišťáček, D.

The Bachelor thesis is dealing with the design of a garden water tank for irrigation. The tank is connected to a lead-in of rainwater and to the aqueduct. In the introduction, there is the list of products and norms, which are included in this theme. Three possibilities of solution are suggested there. For the most effective variant, the structural elements are selected. These elements are designed in great detail and checked. After the calculation, the drawing with the design of the tank with carrier construction is compiled. The manufacturing drawing of the part of the construction is outlined, too. The result of the thesis is the structural design, which is composed of carrier construction and standardized tank with the volume of 300 l, which is placed 2 m above the ground.

Obsah

strana

Seznam použitých značek a symbolů.....	4
0 Úvod	7
1 Přehled výrobků a problematika hospodaření s vodou.	8
1.1 Podzemní nádrže.	9
1.2 Nadzemní nádrže.....	11
1.3 Normy	12
2 Koncepční návrhy	14
2.1 Nádrž ve tvaru kvádru uchycená na nosnou stěnu.	14
2.2 Nádrž uchycená v konstrukci opírající se o stěnu.....	15
2.3 Nádrž v nezávisle umístěné konstrukci.	16
3 Základní návrhové a kontrolní výpočty.	18
3.1 Určení sil působících na rám.	18
3.2 Návrh a pevnostní kontrola tyče.	19
3.3 Návrh a pevnostní kontrola rámu.	20
3.4 Určení sil působících na nosnou trubku.....	23
3.5 Výpočet vzpěrné únosnosti nosných tyčí.....	25
3.6 Kontrola svarů.....	28
3.7 Pevnostní kontrola základových šroubů.	30
3.8 Kontrola plošného tlaku mezi základem a dosedací plochou tělesa.	32
4 Výsledky programu ANSYS	34
5 Antikorozní ochrana	34
6 Závěr.....	35
7 Seznam použité literatury.....	36
8 Seznam příloh	37

Seznam použitých značek a symbolů

$A-F$	body konstrukčních uzlů	[-]
A_P	plocha průřezu prutu	[mm ²]
A_S	plocha průřezu dířku šroubu	[mm ²]
B'	bod B promítnutý do podstavy	[-]
E	modul pružnosti v tahu pro ocel	[MPa]
F_0	osová síla šroubu	[N]
F_M	složka osově síly šroubu z momentu	[N]
F_N	složka osově síly šroubu z tření	[N]
F_{xz}	složka síly F_y , viz T_{xz}	[N]
F_y	síla působící z bodu B ve svislé ose y	[N]
F_{yt}	síla zatěžující tyč	[N]
G	tíhová síla na rám	[N]
H	vzdálenost rámu od podstavy	[mm]
J	moment setrvačnosti mezikruží	[mm ⁴]
L_1	vzdálenost mezi podstavami tyče v ose x	[mm]
L_2	vzdálenost mezi podstavami tyče v ose z	[mm]
L_{cr}	modelová délka prutu	[mm]
M_k	krouticí moment	[N.mm]
M_{oAB}	ohybový moment v místě x nosníku	[N.mm]
M_{oABmax}	maximální ohybový moment nosníku AB	[N.mm]
M_{oBCmax}	maximální ohybový moment nosníku BC	[N.mm]
$N_{b,Rd}$	navrhovaná vzpěrná únosnost	[N]
N_{Sd}	tlaková síla centricky zatěžující trubku vzdálenost	[N]
P	bod podstavy	[-]
P_h	stoupání závitu	[mm]
R_A	reakce v bodě A	[N]
R_{B1}	reakce v bodě B - nosník AB	[N]
R_{B2}	reakce v bodě B - nosník BC	[N]
R_C	reakce v bodě C	[N]
R_e	mez kluzu materiálu šroubu	[MPa]
R_{e11373}	mez kluzu materiálu 11 373	[MPa]
S_p	opěrná plocha podstavce	[mm ²]
S_{SV}	nosný průřez svaru	[mm ²]
T_{xz}	reakce smykové síly ve svaru v bodě B	[N]

V	objem nádrže	$[m^3]$
W_y	průřezový modul v ohybu v ose Y	$[mm^3]$
a	výška nosného průřezu svaru	$[mm]$
a_P	délka podstavce	$[mm]$
a_p	vzdálenost mezi body B',P v ose x	$[mm]$
b	šířka materiálu	$[mm]$
b_P	šířka podstavce	$[mm]$
b_p	vzdálenost mezi body B',P v ose z	$[mm]$
d	vnější průměr trubky	$[mm]$
d_0	vnitřní průměr trubky	$[mm]$
d_2	střední průměr závitu šroubu	$[mm]$
d_3	malý průměr závitu šroubu	$[mm]$
d_d	průměr díry pro kotevní šroub	$[mm]$
f	součinitel tření ocel - beton	$[-]$
f_z	součinitel tření na závitu	$[-]$
f_y	mez kluzu materiálu prutu	$[MPa]$
g	gravitační konstanta Země	$[m.s^{-2}]$
h	výška profilu	$[mm]$
i	poloměr setrvačnosti	$[mm]$
k_2	převodní souč. svaru pro namáhání smykem	$[-]$
k_S	součinitel statické bezpečnosti	$[-]$
l	délka nosné trubky	$[mm]$
l_1	délka rámu	$[mm]$
l_2	šířka rámu	$[mm]$
l_{AB}	délka nosníku AB	$[mm]$
l_{BC}	délka nosníku BC	$[mm]$
l_s	délka svaru	$[mm]$
m_n	hmotnost nádrže	$[kg]$
m_p	přídavná hmotnost	$[kg]$
m_v	hmotnost obsažené vody	$[kg]$
p_D	dovolený tlak na betonový základ	$[MPa]$
p_v	výsledný tlak	$[MPa]$
t	tloušťka materiálu	$[mm]$
x	vzdálenost mezi body podstavy B',P	$[mm]$
x_1	vzdálenost pro výpočet ohyb. momentu	$[mm]$
z_P	rozměr zkosení podstavce	$[mm]$

Φ	součinitel pro výpočet vzpěru	[-]
α	úhel vyosení nosné trubky	[°]
α_1	součinitel imperfekce pro mezikruhové průřezy	[-]
β	součinitel modelové délky prutu	[-]
β_A	součinitel pro mezikruhové i kruhové průřezy	[-]
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti	[-]
λ	štíhlost prutu	[-]
$\bar{\lambda}$	poměrná štíhlost prutu	[-]
λ_1	srovnávací štíhlost prutu	[-]
π	Ludolfovo číslo	[-]
ρ	hustota vody	[kg.m ⁻³]
δ_t	tahové namáhání	[MPa]
δ_{oAB}	ohybové napětí na nosníku AB	[MPa]
δ_{oBC}	ohybové napětí na nosníku BC	[MPa]
τ	napětí při namáhání šroubu krutem	[MPa]
$\tau_{//}$	napětí ve svaru	[MPa]
τ_{DSV}	dovolené napětí ve svaru	[MPa]
φ'	redukovaný třecí úhel	[°]
ψ	úhel stoupání závitu	[°]
χ	souč. vzpěrnosti pro příslušný směr vybočení	[-]

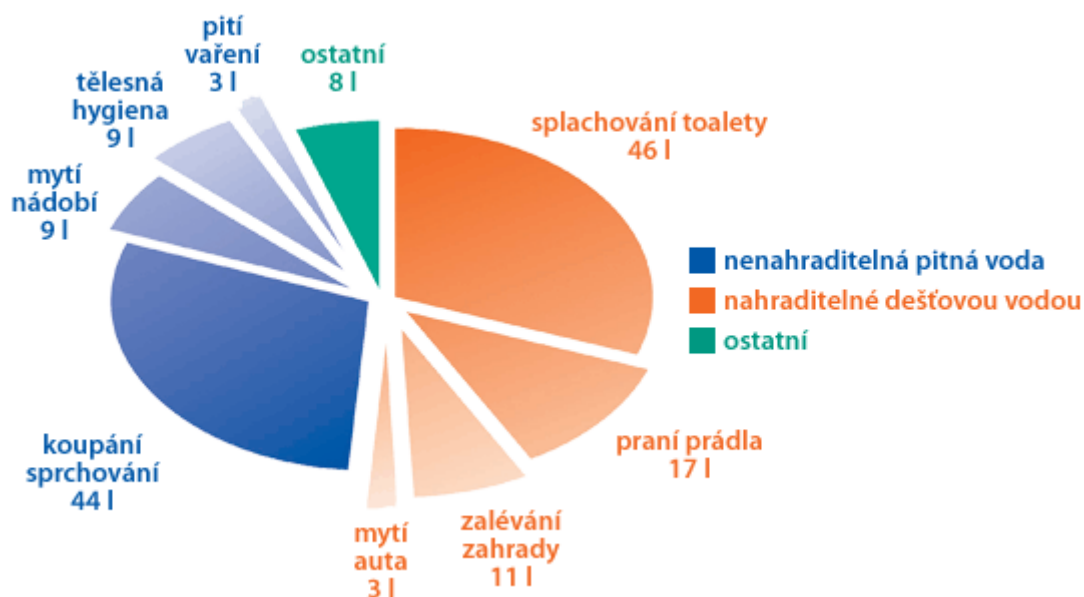
0 Úvod

Bakalářská práce se zabývá možnostmi hospodaření s dešťovou vodou, konstrukcí zahradních nádrží a souvisejícími normami. Správné využití dešťové a pitné vody může výrazně snížit náklady za vodné a stočné. Využití dešťové vody také přispívá ke snížení zatížení životního prostředí.

V úvodní části práce je vypracován přehled nádrží, systémů pro sběr vody a norem, zabývajících se danou problematikou. Dále je navrženo několik koncepčních návrhů s porovnáním jejich výhod a nevýhod. Při návrhu je třeba dodržet požadavek na umístění dna nádrže v minimální výšce 2 m nad terénem. Nosnou konstrukci je třeba navrhnout s ohledem na její snadnou montáž a manipulaci. Cílem práce je, na základně srovnání návrhů, vybrat nejvhodnější variantu pro zavlažování zahrad, provést její kontrolu a vypracovat technickou dokumentaci.

1 Přehled výrobků a problematika hospodaření s vodou.

Problematikou hospodaření s dešťovou vodou se v současnosti zabývá několik tuzemských i zahraničních firem. Patří mezi ně např. firmy GLYNWED s.r.o., Belis Grup, Otto Graf GmbH, které nabízí komplexní řešení využití vody v domácnosti, jak pro potřeby zavlažování, tak i praní, splachování a údržby domu. Využitím dešťové vody pro zavlažování můžeme dosáhnout denní úspory pitné vody, až o 7%, tj. cca 11 l/os (obr. 1). Navíc je dešťová voda chudá na soli a chlor, takže je na zavlažování půdy vhodnější, než pitná.



Obr.1.1 - Průměrná denní spotřeba vody: 150 l na osobu [11]

Systémy sběru srážkové vody se dělí:

- podle uložení nádrže na:
 - nadzemní - vhodné pro malé objemy a provoz v letním období
 - podzemní - vhodné pro velké objemy a celoroční provoz
- podle použitého materiálu na:
 - betonové
 - plastové
 - ocelové s ochranou proti korozi
 - ocelové nerezové

Nádrže se v současné době nejčastěji vyrábějí z recyklovatelného polyetylenu, což umožňuje bezešvou rotační výrobu nebo výrobu vstřikováním, která zvyšuje rázovou pevnost a životnost výrobků, oproti svařovaným plastům nebo betonovým nádržím.

1.1 Podzemní nádrže.

Podzemní nádrže pro potřeby uskladnění dešťové vody do objemu 6500 l, se vyrábějí tlakovým vstřikovacím způsobem. Tato technologie garantuje vysokou přesnost výroby, pevnost a stabilitu proti spodní vodě. Životnost těchto nádrží je více, než 25 let.

Ukázky provedení podzemních nádrží jsou uvedeny na obr.1.2 a 1.3. Tyto výrobky jsou určeny pro uskladnění objemů od 2 750 l do 13 000 l (při použití dvou propojených zemních nádrží). Výhodou těchto nádrží je možnost celoročního provozu.



Obr.1.2 - Nádrž Rondus [11]



Obr.1.3 - Nádrž Carat [11]

Tento druh nádrží se většinou používá jako zásobník užitkové vody pro domácnost, pro potřeby praní, zavlažování a splachování. Způsob zapojení pro venkovní zavlažování, bez možnosti přístupu k vodě z vodovodního řádu, v kombinaci s filtry, čerpadlem a přepadovým sifonem, je vyobrazeno na obr.1.4.

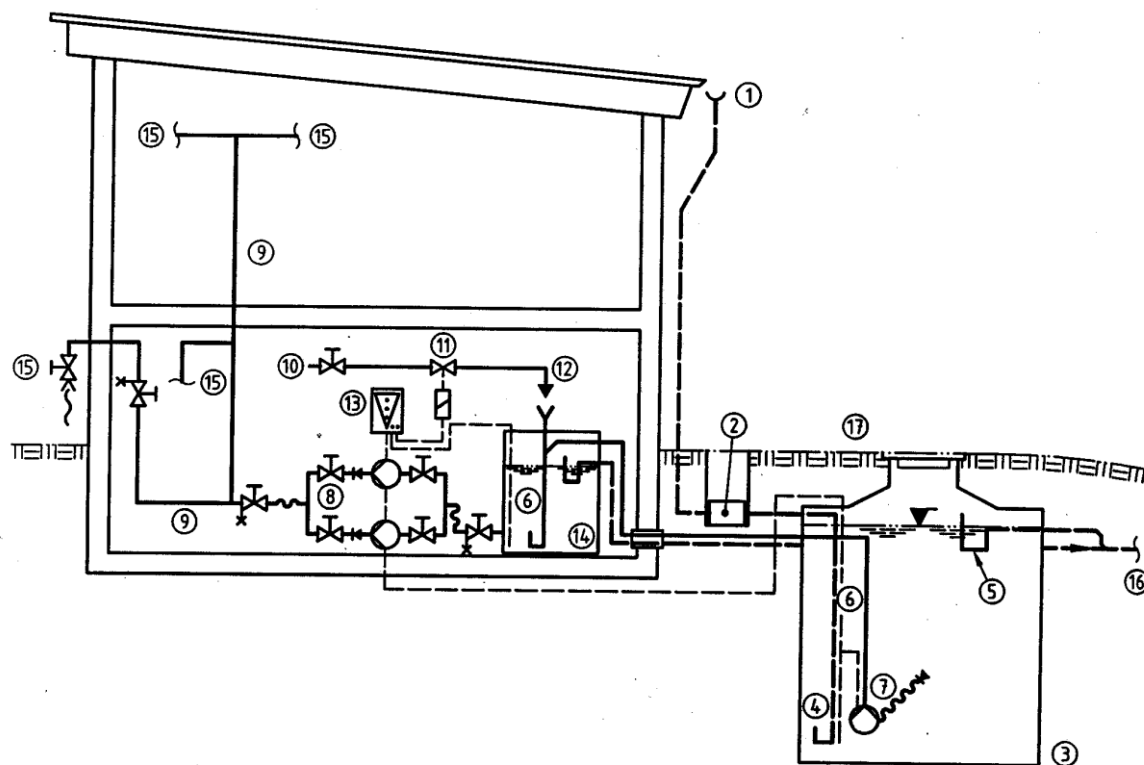


Obr.1.4 - Kompletní sada Rondus [11]

Legenda:

1. Podzemní nádrž Rondus.
2. Teleskopický nástavec.
3. Filtr, vtokové hrdlo, přepadový sifon.
4. Ponorné a sací čerpadlo, sací koš s plovákem a sací hadicí, tlaková hadice.

Zapojení s kombinací využití užitkové vody i vody z vodovodního řádu je vyobrazeno na schematickém obrázku 1.5. Toto řešení umožňuje odběr pitné vody pro potřeby hygieny a konzumace, a zároveň odběr užitkové vody, pro potřeby praní, splachování apod. V tomto případě je nutné zamezit míchání, či průniku užitkové vody do vody pitné (vodovodní řád).



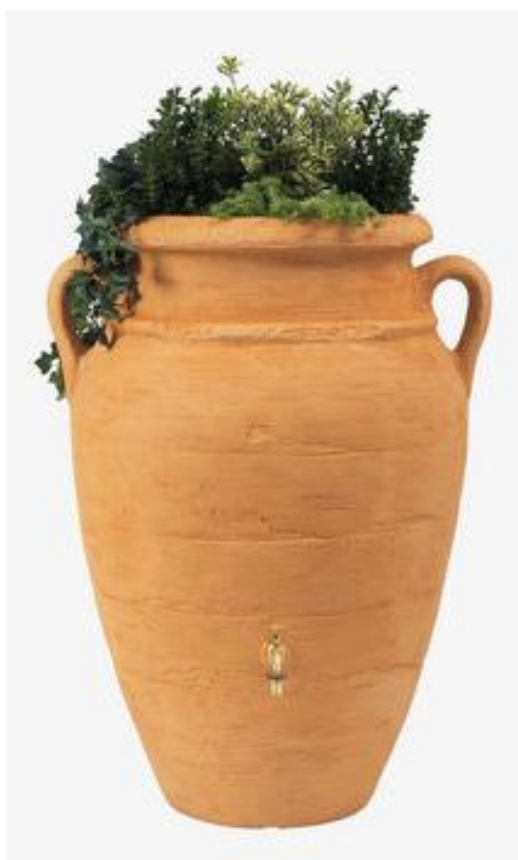
Obr.1.5 - Systém s podzemním reservoárem a hybridní nádobou [5]

Legenda:

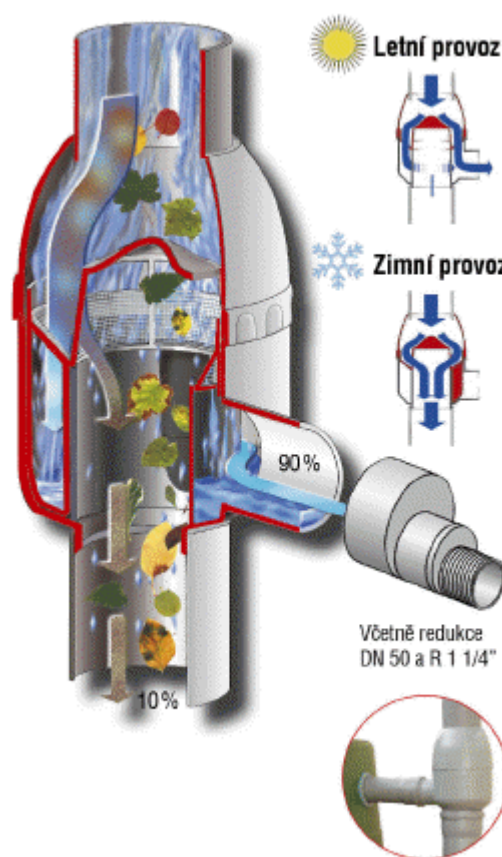
- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Okap / dešťový svod | 11. Elektromagnetický ventil |
| 2. Filtr | 12. Volná výpusť typ AA nebo AB dle DIN EN 1717 |
| 3. Reservoár s dešťovou vodou | 13. Řídící jednotka systému |
| 4. Klidný přítok (bez víření) | 14. Hybridní nádrž |
| 5. Přepad se sifonem | 15. Odběrová místa |
| 6. Ukazatel hladiny vody | 16. Odvodňovací příkop / vsakovací systém |
| 7. Odběrové potrubí s čerpadlem | 17. odtoková rovina |
| 8. Čerpadla užitkové vody | |
| 9. Potrubí užitkové vody | |
| 10. Potrubí pitné vody | |

1.2 Nadzemní nádrže

Nadzemní nádrže se vyrábějí z oceli, plastu, sklolaminátu nebo betonu. Pro použití při sběru dešťové vody, je v malých objemech nejběžnější řešení monolitická plastová nádrž (obr.1.6), umístěná na pevném základovém povrchu. Sběr dešťové vody je zajištěn pomocí okapového svodu, opatřeného samočisticím filtrem (obr.1.7). Mezi zimním a letním provozem, je možné přepínat pootočením vnitřní části filtru. Tím dojde k zamezení vtoku do sběrné nádrže a průtoku vody do kanalizačního systému. Další funkcí filtru, je zajištění přepadu, při naplnění nádrže. Výpust' pro odběr vody je umístěna minimálně 150 mm nad dnem nádrže, z důvodu zabránění čerání usazenin.



Obr.1.6 - Nádrž Antique amphora
firmy GRAF [8]



Obr.1.7 - Okapový filtr [11]

Velkoobjemové nádrže, vyrobené z oceli nebo betonu se pro potřeby zavlažování většinou neužívají. Jejich použití je omezeno na sběrné nádrže čistících odpadních vod, zásobníky na pitnou vodu nebo chemické látky, jako je ropa, zemní plyn apod.

1.3 Normy

Problematikou hospodaření s vodou, konstrukcí tlakových a beztlakových nádrží, navrhováním nosných a podpurných konstrukcí, systémy filtrace a řešením podmínek okolních staveb, které je nutné splnit před realizací projektu, se zabývají normy:

DIN 1989:2001-10 - Regenwassernutzungsanlagen. (Rainwater harvesting system)

- tato německá norma se zabývá využíváním dešťové vody a zařízením nutným k jejímu sběru. Norma je dělena na 4 části:
 - 1. část: Plánování, instalace, provoz a údržba. (Planning, Installation, Operation and Maintenance)
 - tato část se zabývá prostory ze kterých dochází ke sběru vody, jako jsou střechy, určuje objem vody, který je možné z takovéto plochy využít a materiály, které mohou být na těchto prostorách použity. Dále se zabývá použitím filtrů a sedimentací. Určuje materiály použitelné k výrobě nádrží a jejich konstrukční řešení a umístění. Řeší výběr a instalaci čerpadel, řídicího systému a potrubního systému. A určuje četnost inspekci systému.
 - 2. část: Části filtru. (A Filter Part)
 - připravovaná část, která se podrobněji zabývá konstrukcí filtračních systémů.
 - 3. část: Nádrže na dešťovou vodu. (Rainwater Reservoirs)
 - tato část řeší podrobně konstrukce nádrží, použité materiály a umístění v terénu.
 - 4. část: Komponenty, řízení a monitorování. (A part for Components, for Control and Monitoring)
 - připravovaná část, zabývající se komponenty nutnými ke kompletaci, řídicími a monitorovacími systémy.

ČSN EN 13575 - Termoplastické nádrže vyráběné z polyetylenu tvářeného ve vyfukovací nebo rotační formě - Nadzemní nádrže pro skladování chemikálií

- norma, zabývající se požadavky a zkušebními procesy termoplastických polyetylenových nádrží.

ČSN EN 12573 - Svařované stabilní beztlakové termoplastické nádrže.

- obsahuje 4 části:
 - 1. část: Všeobecné zásady.
 - 2. část: Výpočet vertikálních válcových nádrží.
 - 3. část: Konstrukce a výpočet hranatých nádrží s jednoduchou stěnou.
 - 4. část: Konstrukce a výpočet přírubových spojů.

ČSN EN 13280 - Podmínky pro jedno - a víceprostorové sklolaminátové nadzemní nádrže pro uskladnění studené vody.

ČSN EN 1993-4-2 - Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 4-2: Nádrže.

- uvádí zásady a pravidla pro navrhování ocelových konstrukcí svislých válcových nadzemních nádrží. Týká se nádrží pro skladování kapalin, kde je dle [7] vnitřní podtlak nejvýše 100 mbar a vnitřní přetlak 500 mbar, a navrhovaná teplota oceli je v intervalu od -50 °C do +300 °C.

2 Koncepční návrhy

Při řešení zadání práce bylo navrženo několik variant konstrukce nádrže a nosné části tak, aby byly splněny všechny podmínky a byla zachována funkčnost celku. Z uvedených možností pak byla vybrána ta, která splnila požadavky nejlépe, z ohledem na ekonomičnost a rozsah použitelnosti.

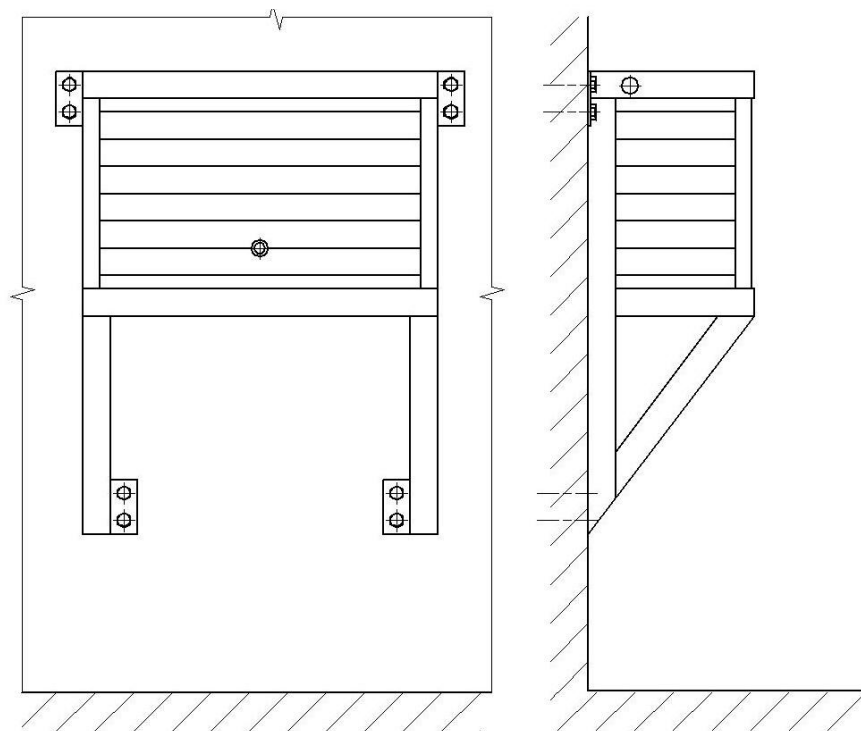
2.1 Nádrž ve tvaru kvádrů uchycená na nosnou stěnu.

Pro návrh byla použita nádrž firmy GRAF, ve tvaru kvádrů (obr.2.2). Konstrukce je řešena pomocí svařovaných L-profilů, které jsou uspořádány dle obr.2.1. Uchycení ke stěně je provedeno pomocí kotevních šroubů v horní a dolní části nosné konstrukce. Zajištění nádrže, proti posunutí nebo vyklopení je provedeno pomocí obdélníkových



Obr.2.2 - Woody Wall Tank [8]

svařovaných rámců umístěných v horní a dolní části nádrže. Výhoda tohoto návrhu, je v úspoře materiálu a v požadavku minimálních stavebních a terénních úprav. Z celkového pohledu se řešení ukázalo jako nevhodné, z důvodu nutnosti umístění konstrukce v blízkosti stavby, která splňuje předpoklady k uchycení šroubovými spoji.

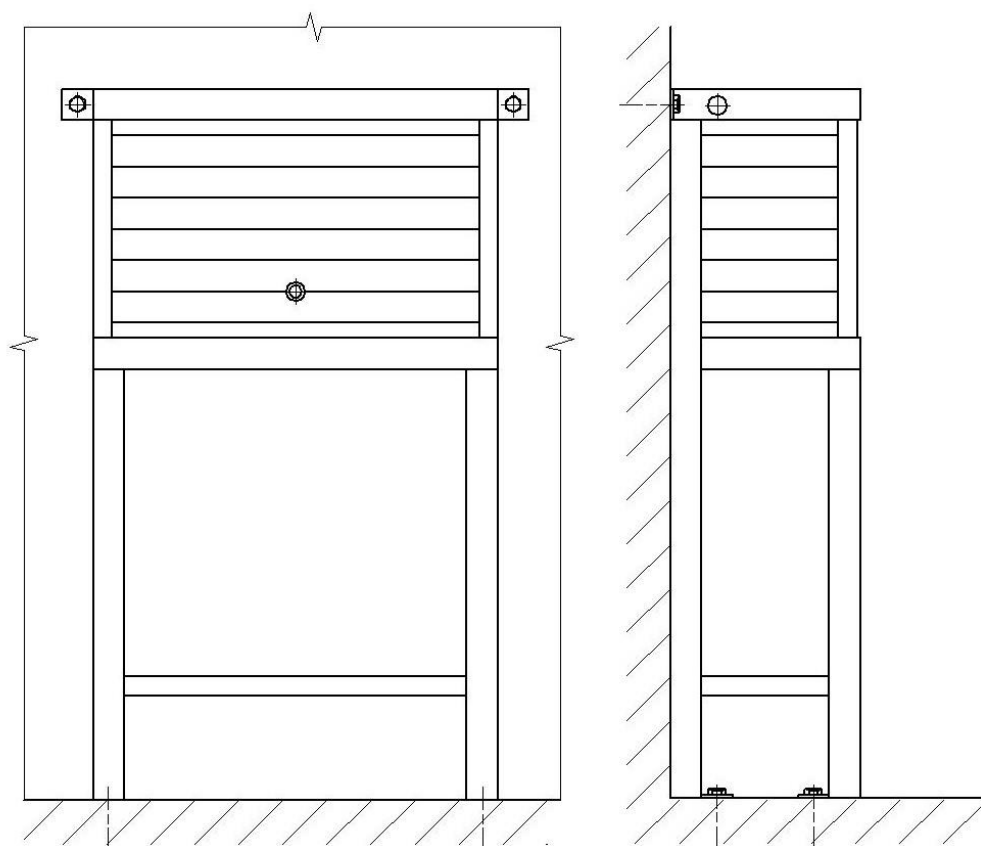


Obr.2.1 - Konstrukční návrh č.1

2.2 Nádrž uchycená v konstrukci opírající se o stěnu.

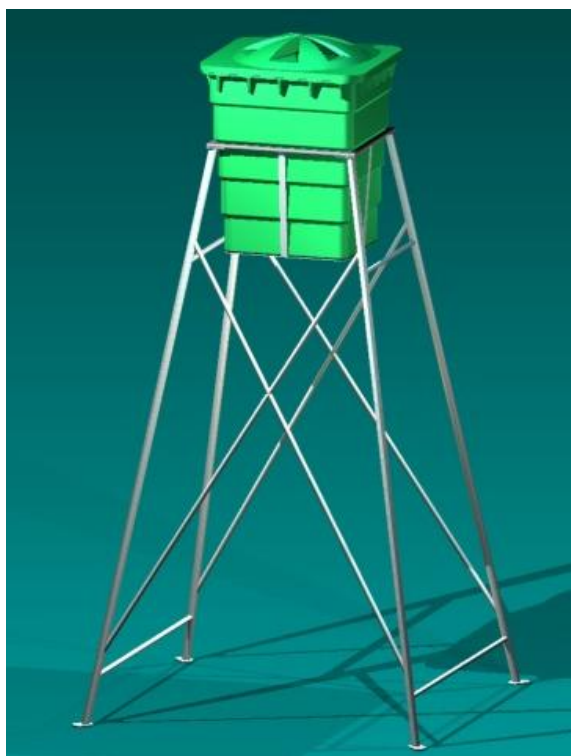
Toto řešení vychází z výše uvedeného návrhu. Je použit stejný druh nádrže i její pojištění proti posuvu a převrácení. Rozdíl je v uchycení konstrukce, které je řešeno pomocí svislých tyčových prvků (obr.2.3), které jsou pomocí šroubů ukotveny na vodorovný základní povrch. Při tomto uspořádání sice neodpadá nutnost uchycení konstrukce ke zdi, ale podstatně se snižuje zatížení, které musí kotevní šrouby přenést.

Návrh je vhodný pro rodinné domy se zahradou nebo zahrady kde je možné konstrukci bezpečně ukotvit. Nevýhodou je nutnost stavebních úprav a špatná dostupnost nádrže pro čištění.



Obr.2.3 - Konstrukční návrh č.2

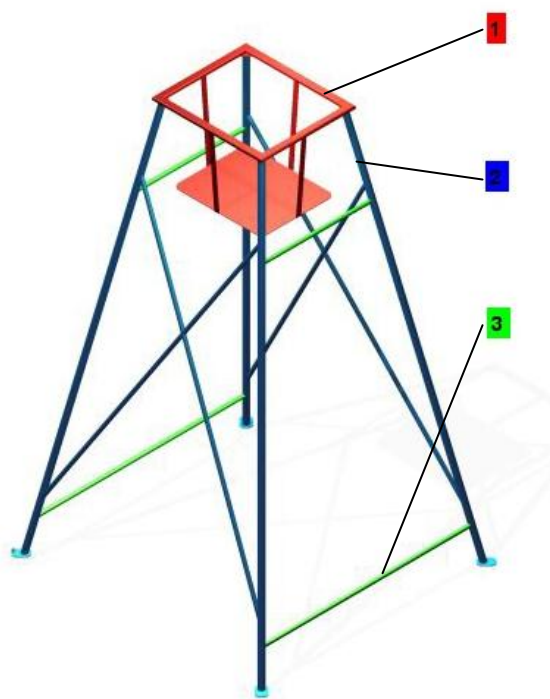
2.3 Nádrž v nezávisle umístěné konstrukci.



Obr.2.4 - Konstrukce konečného řešení

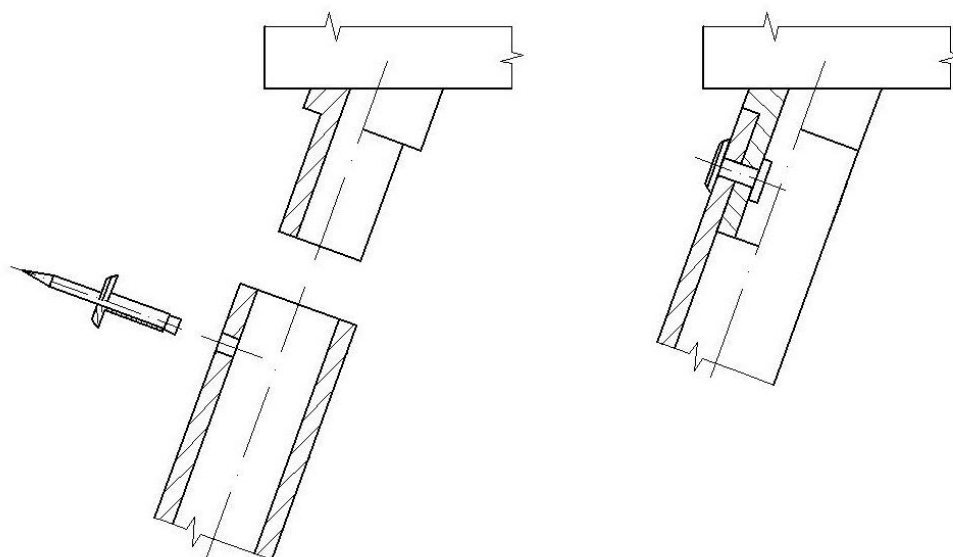
Toto řešení se snaží eliminovat nedostatky předchozích návrhů. Konstrukce nádrže může stát nezávisle na okolních stavbách. Pojištění proti převrácení zajišťují čtyři kotevní šrouby, uchycené v základovém betonu. Zlepšení stability zajišťuje umístění těžiště nádrže pod horní rám konstrukce a použití zavětrování. Požadavek výrobce na umístění nádrže na vodorovný plochý povrch je zajištěn pomocí plechu, spojeném s horním obvodovým rámem (obr.2.4).

Nosná konstrukce je pro potřeby uskladnění a přepravy složena ze tří hlavních konstrukčních celků (obr.2.5). Jejich části jsou smontovány nasunutím na čepy a následně pojištěny proti samovolnému vysunutí pomocí nýtů s trny.



Obr.2.5 - Části konstrukce

- 1) Nosný koš (rám) - sloužící k ustavení nádrže
- 2) Nosné tyče se zavětrováním
- 3) Příčné spojovací tyče



Obr.2.6 - Spojení součástí pomocí nýtu s trnem

Je použita nádrž firmy GRAF o objemu 300 l s odklopným víkem (obr.2.7), takže je možné kdykoli kontrolovat stav nádrže a její znečištění. Cena kompletní sestavy (nádrž, víko, ventil) se pohybuje okolo 1000,- Kč. Pojištění víka před nežádoucím otevřením je provedeno pojistkou, která je součástí doplňkové výbavy nádrže. Přívod vody dešťovým svodem je řešen přes filtr Regendieb®, sloužící zároveň jako přepad (obr.2.8), který je s nádrží spojen vodorovnou trubicí. Voda z vodovodního řádu je přivedena do horní části klasickou zahradní hadicí, zakončenou rychlospojkami firmy GARDENA. Výpusť pro odběr vody je umístěna ve spodní části nádrže a je opatřena kohoutem s 3/4" přípojkou.



Obr.2.7 - Zahradní nádrž [8]



Obr.2.8 - Filtr Regendieb® [9]

3 Základní návrhové a kontrolní výpočty.

Základní podmínky pro výpočet jsou dány objemem nádrže a tvarem konstrukce. K samotnému zatížení od tíhy nádrže při naplnění vodou, byly přidány vedlejší síly, které reprezentují nárazové zvýšení zatížení konstrukce, jako jsou průměrná hmotnost osoby stojící na konstrukci a zatížení konstrukce poryvy větru a sněhem.

$$\text{Hmotnost nádrže: } m_n = 18,71 \text{ [kg]}$$

$$\text{Přídavná hmotnost: } m_p = 140 \text{ [kg]}$$

$$\text{Hmotnost vody: } m_v = 300 \text{ [kg]}$$

$$m_v = \rho \cdot V = 1000 \cdot 0,3 = 300 \text{ [kg]} \quad (3.1)$$

dle [3]:

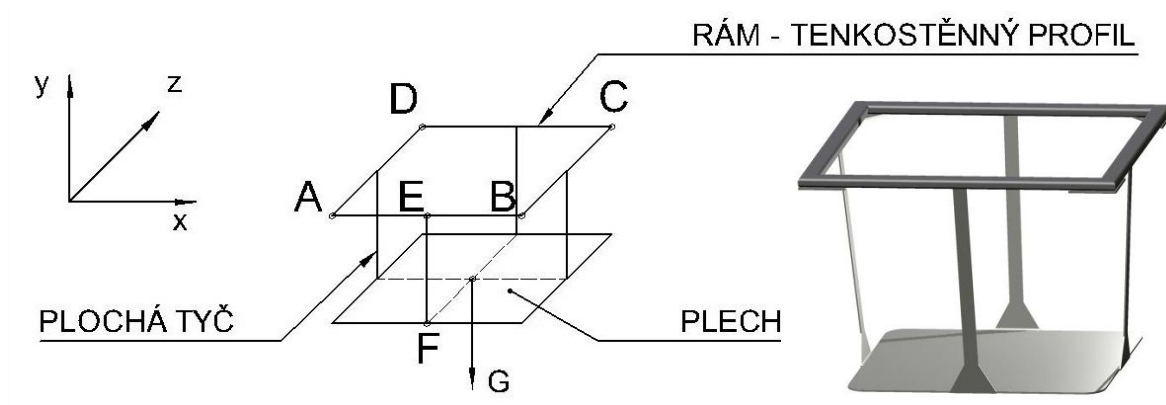
$$\rho = 1000 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

$$V = 0,3 \text{ [m}^3\text{]}$$

V - objem nádrže

3.1 Určení sil působících na rám.

Za předpokladu, že rozložení sil bude rovnoměrně rozloženo na plechovou podložku ve směru kolmém na základový povrch, bude tíhová síla na rám působit dle obr.3.1. Z důvodu symetrie součásti můžeme zjednodušit výpočet rámu do bodů A, B, C a výpočet plochých tyčí omezíme na jednu součást mezi body E a F.

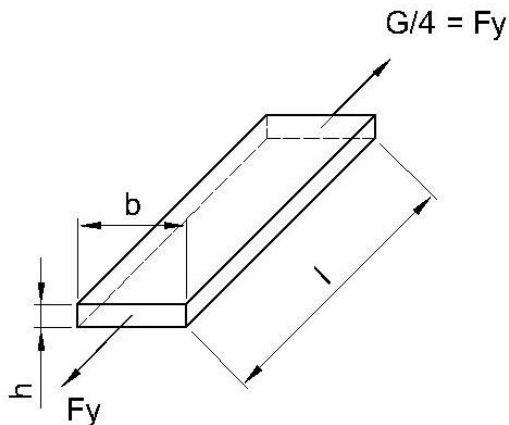


Obr.3.1 - Působení tíhové síly na rám a 3D model

$$G = (m_n + m_v + m_p) \cdot g = (18,71 + 140 + 300) \cdot 9,81 = 4500 \text{ [N]} \quad (3.2)$$

g - gravitační konstanta [m.s⁻²]

3.2 Návrh a pevnostní kontrola tyče.



Obr.3.2 - Namáhání tyče tahem

Tyč spojuje základový plech s rámovou konstrukcí a je namáhána na tah (obr.3.2). S ohledem na konstrukci je volen obdélníkový profil 30x3 ČSN 42 5340.11 z oceli 11 373.1, s $R_e = 205 \text{ [MPa]}$ dle [4].

$$b = 30 \text{ [mm]}$$

$$h = 3 \text{ [mm]}$$

$$l = 475 \text{ [mm]}$$

Základní vzorec pro výpočet namáhání tahem:

$$\sigma_t = \frac{F}{S} \quad (3.3)$$

$$\sigma_t = \frac{F_{yt}}{b \cdot h} = \frac{1125}{30 \cdot 3} = 12,5 \text{ [MPa]} \quad (3.4)$$

kde síla zatěžující jednu tyč F_{yt} [N] je rovna:

$$F_{yt} = \frac{G}{4} = \frac{4500}{4} = 1125 \text{ [N]} \quad (3.5)$$

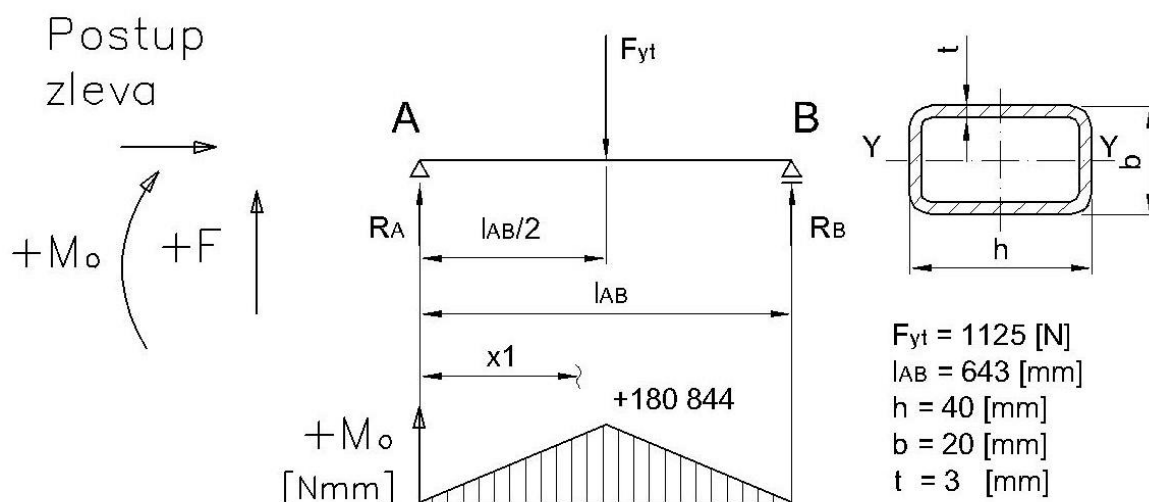
$$k_s = \frac{R_{e11373}}{\sigma_t} = \frac{205}{12,5} = 16,4 \text{ [-]} \quad (3.6)$$

Vysoká hodnota bezpečnosti je dána velikostí svaru, potřebného ke spojení součásti s rámem a plechem.

3.3 Návrh a pevnostní kontrola rámu.

Rám je svařen z obdélníkových tenkostěnných ocelových profilů o rozměrech TR OBD 40x20x3 ČSN 42 6936.0, z oceli 11 373.1 dle [3]. Na konstrukci rámu je přenášena síla G [N] pomocí čtyř plochých tyčí, spojených s rámem pomocí svarů. Síla působící na každou ze čtyř částí rámu je rovna F_{yt} [N]. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme, že se části rámu mezi body A,B a B,C (obr.3.1), chovají jako nosníky na dvou podporách.

Výpočet nosníku A - B:



Obr.3.3 - Nosník A - B s průběhem ohybového momentu

Z podmínky statické rovnováhy momentů k bodu A:

$$\sum M_{iA} = 0 \quad (3.7)$$

$$F_{yt} \cdot \frac{l_{AB}}{2} - R_{B1} \cdot l_{AB} = 0 \Rightarrow R_{B1} = \frac{F_{yt}}{2} = \frac{1125}{2} = 562,5$$
 [N] (3.8)

Z podmínky statické rovnováhy sil:

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (3.9)$$

$$F_{yt} - R_A - R_{B1} = 0 \Rightarrow R_A = F_{yt} - R_{B1} = 1125 - 562,5 = 562,5$$
 [N] (3.10)

Výpočet průběhu ohybového momentu:

$$M_{oAB} = R_A \cdot x_1 \quad (3.11)$$

$$x_1 = 0 \rightarrow M_{oAB1} = R_A \cdot 0 = 562,5 \cdot 0 = 0 \text{ [Nmm]} \quad (3.12)$$

$$x_1 = \frac{l_{AB}}{2} \rightarrow M_{oAB2} = R_A \cdot \frac{l_{AB}}{2} = 562,5 \cdot \frac{643}{2} = 180\,844 \text{ [Nmm]} \quad (3.13)$$

Ohybové napětí v místě maximálního ohybového momentu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (3.14)$$

$$\sigma_{oAB} = \frac{M_{oAB \max}}{W_y} = \frac{180844}{1630} = 111 \text{ [MPa]} \quad (3.15)$$

$$M_{oAB \max} = M_{oAB2} = 180844 \text{ [Nmm]} \quad (3.16)$$

Modul průřezu v ohybu pro profil TR OBD 40x20x3, pro osu průhybu Y-Y dle [3]:

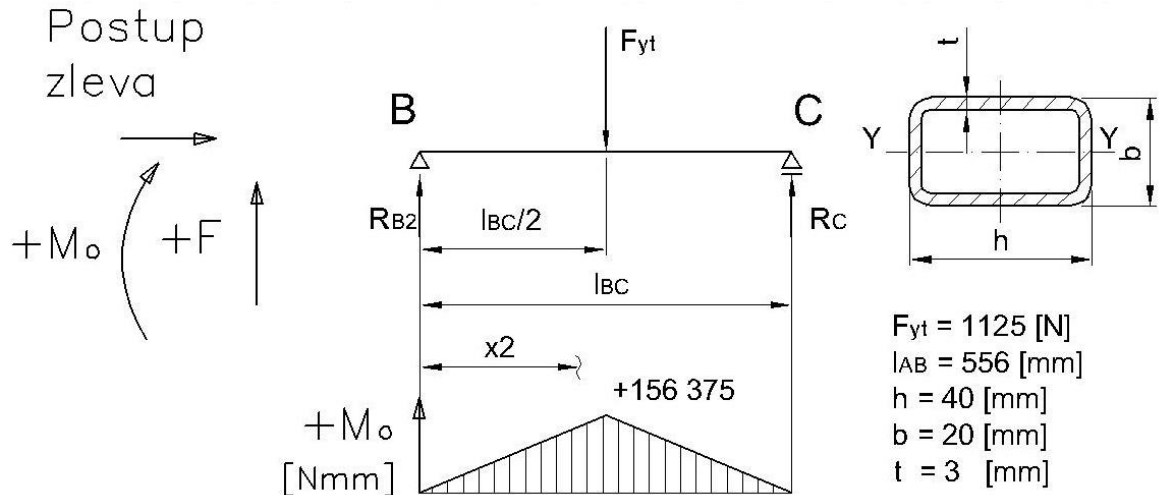
$$W_y = 1630 \text{ [mm}^3\text{]}$$

Výsledná statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{Re_{11373}}{\sigma_{oAB}} = \frac{205}{111} = 1,8 \text{ [-]} \quad (3.17)$$

Výpočet nosníku B - C:

Jelikož se nosník B - C liší od nosníku A - B jen svou délkou, bude postup výpočtu obdobný. Délka l_{AB} bude zaměněna za délku l_{BC} .



Obr.3.4 - Nosník B - C s průběhem ohybového momentu

Z podmínky statické rovnováhy momentů k bodu B:

$$F_{iy} \cdot \frac{l_{BC}}{2} - R_{B2} \cdot l_{BC} = 0 \Rightarrow R_{B2} = \frac{F_{iy}}{2} = \frac{1125}{2} = 562,5 \text{ [N]} \quad (3.18)$$

Z podmínky statické rovnováhy sil:

$$F_{yt} - R_C - R_{B2} = 0 \Rightarrow R_C = F_{yt} - R_{B2} = 1125 - 562,5 = 562,5 \text{ [N]} \quad (3.19)$$

Ohybové napětí v místě maximálního ohybového momentu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad (3.20)$$

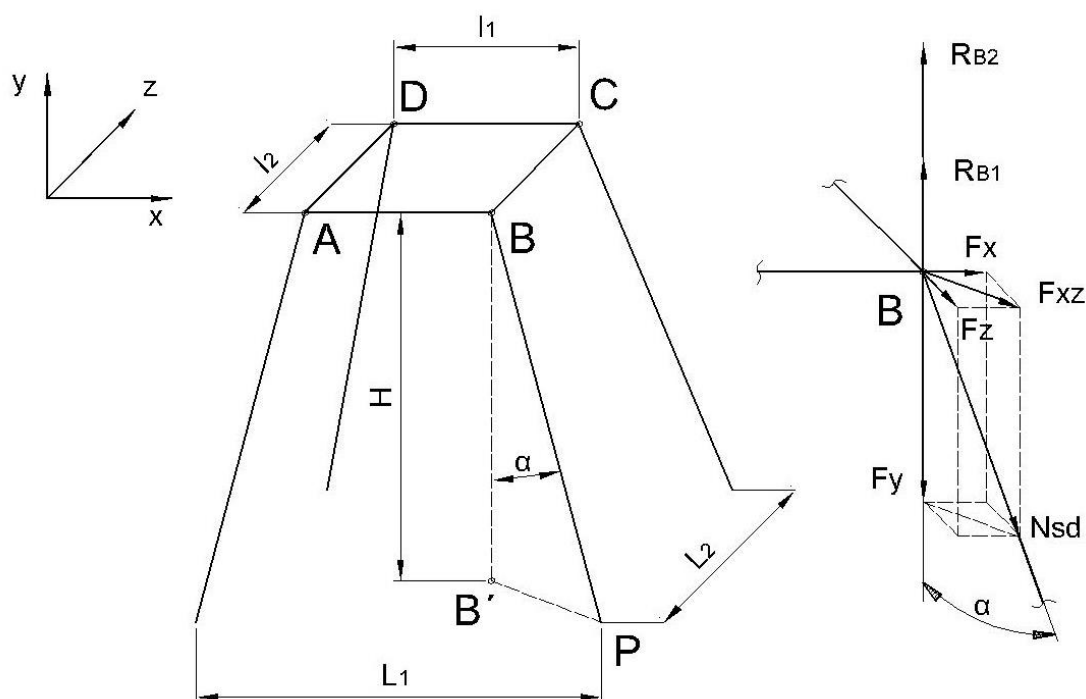
$$\sigma_{oBC} = \frac{M_{oBC \max}}{W_y} = \frac{156\,375}{1630} = 96 \text{ [MPa]} \quad (3.21)$$

$$x_1 = \frac{l_{AB}}{2} \rightarrow M_{oBC \max} = R_{B1} \cdot \frac{l_{AB}}{2} = 562,5 \cdot \frac{556}{2} = 156\,375 \text{ [Nmm]} \quad (3.22)$$

Výsledná statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{Re_{11373}}{\sigma_{oAB}} = \frac{205}{96} = 2,2 [-] \quad (3.23)$$

3.4 Určení sil působících na nosnou trubku.

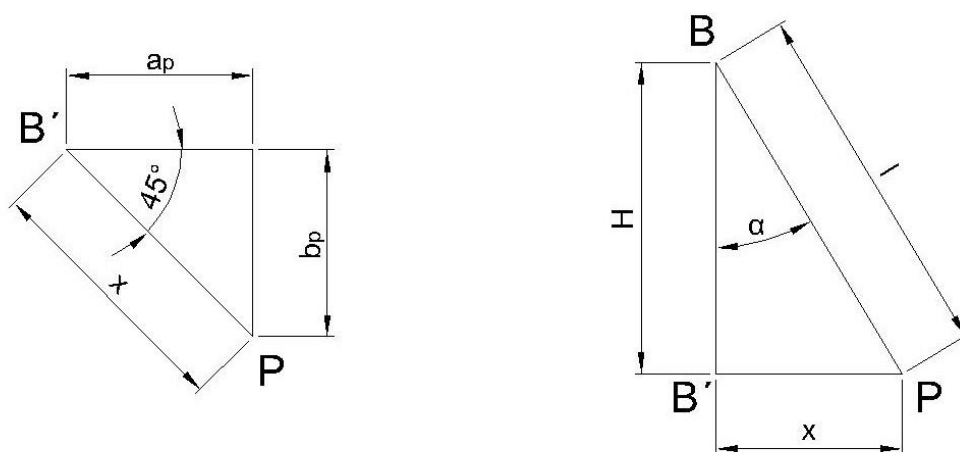


Obr.3.5 - Síly na nosnou trubku.

$$\begin{aligned} L_1 &= 1500 \text{ [mm]} & R_{B1} &= 562,5 \text{ [N]} \\ L_2 &= 1400 \text{ [mm]} & R_{B2} &= 562,5 \text{ [N]} \\ l_1 &= 620 \text{ [mm]} & & \\ l_2 &= 520 \text{ [mm]} & H &= 2495 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Nosné trubky, jsou z důvodu jejich vysokého štíhlostního poměru, počítány na vzpěr. Z toho důvodu je nutné určit velikost výsledné síly F_y [N], která působí ve svislé ose. Tuto sílu určíme pomocí součtu reakcí v podporách nosníků A-B a B-C, v jejich společném bodě B (obr.3.5). Hledanou tlakovou sílu N_{sd} [N] centricky zatěžující trubku, pak určíme z úhlu vyosení trubky α [°] a vypočítané síly F_y [N] .

Určení délky a úhlu vyosení trubky α [°]:



Obr.3.6 - Určení úhlu α [°]

$$a_p = \frac{L_1 - l_1}{2} = \frac{1500 - 620}{2} = 440 \text{ [mm]} \quad (3.24)$$

$$b_p = \frac{L_2 - l_2}{2} = \frac{1400 - 520}{2} = 440 \text{ [mm]} \quad (3.25)$$

$$x = a_p \cdot \sqrt{2} = 622 \text{ [mm]}$$

$$\frac{x}{H} = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{x}{H} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{622}{2495} \right) = 14 \text{ [°]} \quad (3.26)$$

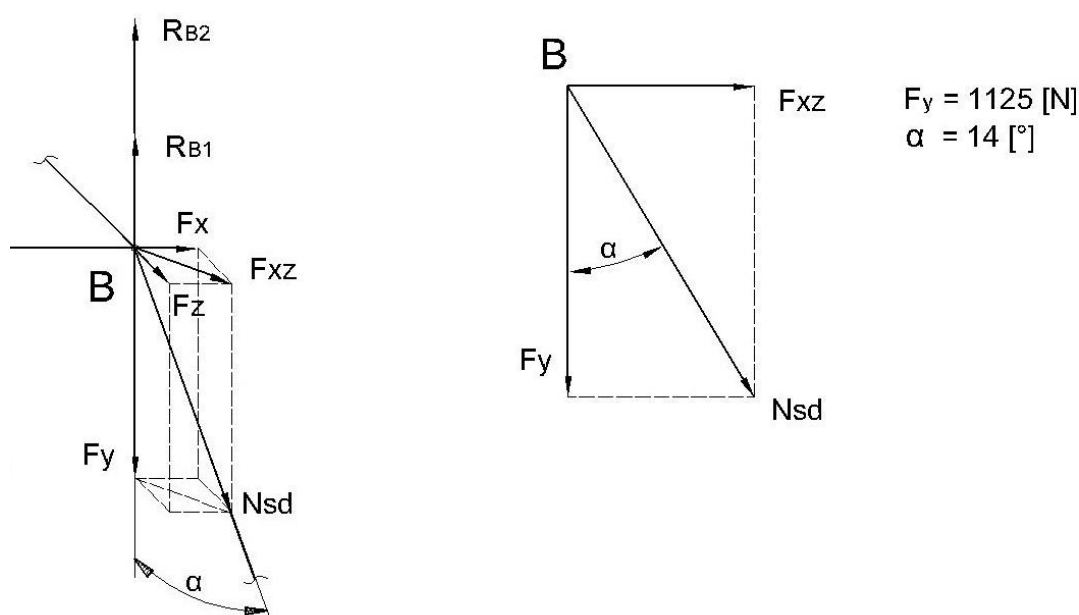
Délka trubky l [mm] z Pythagorovy věty:

$$l = \sqrt{x^2 + H^2} = \sqrt{622^2 + 2495^2} = 2572 \text{ [mm]} \quad (3.27)$$

Určení síly F_y [N]:

$$F_y = R_{B1} + R_{B2} = 562,5 + 562,5 = 1125 \text{ [N]} \quad (3.28)$$

Určení síly N_{Sd} [N]:



Obr.3.7 - Znázornění sil

Z obr.3.5 a obr.3.6 vyplývá, že síla N_{Sd} [N] působí v rovině, odkloněné od roviny x-y o 45° a to ve směru osy trubky. Znázornění působení sil v této rovině je vyobrazeno na obr.3.7.

$$N_{Sd} = \frac{F_y}{\cos \alpha} = \frac{1125}{\cos 14^\circ} = 1160 \text{ [N]} \quad (3.29)$$

3.5 Výpočet vzpěrné únosnosti nosných tyčí

Při zatížení přímých celistvých prutů tlakovou silou, může dojít ke ztrátě stability. Proto je nutné kontrolovat tyto nosníky na vzpěrnou únosnost. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme, že má trubka v podpoře B možnost posuvu jen v ose x a y.

Dle normy [6] ČSN 73 1401, musí navrhovaná síla N_{Sd} [N] centricky tlačného prutu při rovinném vybočení splňovat podmínku:

$$N_{Sd} \leq N_{b,Rd} \quad (3.30)$$

$$1160 \leq 11875 \text{ [N]}$$

Podmínka je pro TR $\emptyset 35 \times 3$ -2572 ČSN 42 5723.21 z mat. 11 373.1 dle [3] splněna.

$N_{b,Rd}$

navrhovaná vzpěrná únosnost centricky tlačného prutu

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,149 \cdot 1 \cdot 390 \cdot 235}{1,15} = 11\,875 \text{ [N]} \quad (3.31)$$

 $\gamma_{M1} = 1,15$ dílčí součinitel spolehlivosti $\beta_A = 1$ pro mezikruhové průřezy χ součinitel vzpěrnosti pro příslušný směr vybočení A plocha průřezu prutu

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (3.32)$$

$$\chi = \frac{1}{3,815 + \sqrt{3,815^2 - 2,48^2}} = 0,149 \text{ [-]} \leq 1 \quad (3.33)$$

Podmínka je splněna.

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha_1 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (2,48 - 0,2) + 2,48^2] = 3,815 \text{ [-]} \quad (3.34)$$

 $\alpha_1 = 0,21$ součinitel imperfekce pro mezikruhové průřezy $\bar{\lambda}$ poměrná štíhlost prutu

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = \frac{232,8}{93,9} \cdot \sqrt{1} = 2,48 \text{ [-]} \quad (3.35)$$

 λ štíhlost prutu

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2572}{11,05} = 232,8 \text{ [-]} \quad (3.36)$$

kde modelová délka prutu:

$$L_{cr} = \beta \cdot l = 1 \cdot 2\,572 = 2\,572 \text{ [mm]} \quad (3.37)$$

dle obr.3.8

MOŽNOST POSUVU JEN VE
SMĚRU x a y:

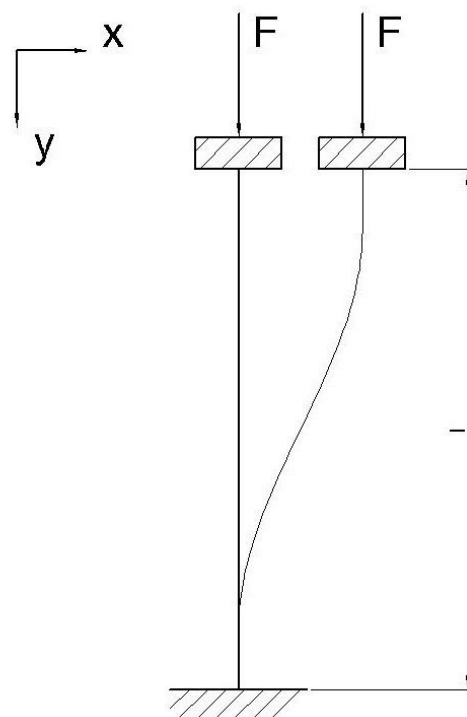
VETKNUTÍ - KOLMÉ VEDENÍ

TEORETICKY:

$$\beta = 1$$

PRAKTICKY:

$$\beta = 1,2$$



Obr.3.8 - Modelová délka prutu.

Poloměr setrvačnosti:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} = \sqrt{\frac{47\,575}{390}} = 11,05 \text{ [mm]} \quad (3.38)$$

Kvadratický moment pro mezikruhový průřez:

$$J = \frac{\pi}{64} d^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^4 \right] = \frac{\pi}{64} \cdot 35^4 \cdot \left[1 - \left(\frac{27}{35} \right)^4 \right] = 47\,575 \text{ [mm}^4 \text{]} \quad (3.39)$$

Plocha mezikruží:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - d_0^2) = \frac{\pi}{4} \cdot (35^2 - 27^2) = 390 \text{ [mm}^2 \text{]} \quad (3.40)$$

Srovnávací štíhlost:

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{235}} = 93,9 \text{ [-]} \quad (3.41)$$

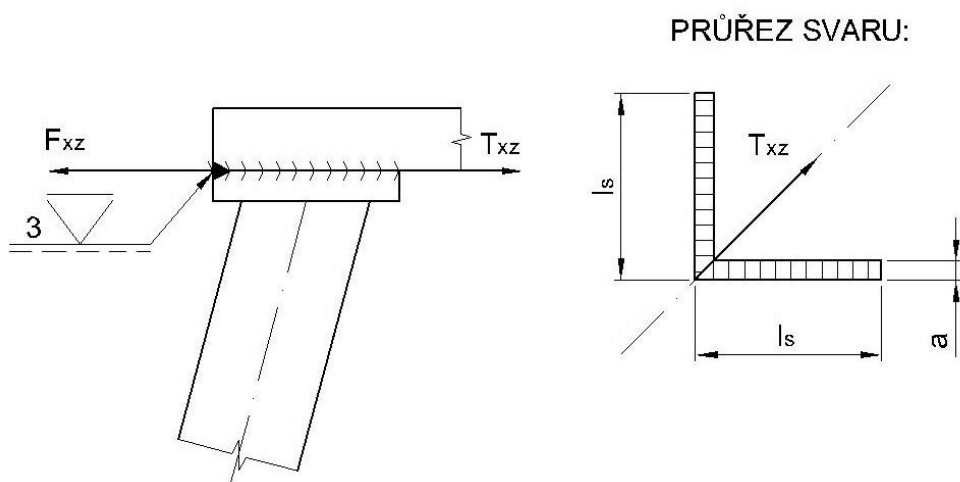
f_y mez kluzu materiálu prutu

Pro ocel typu S235 (11 373, 11 375) a tloušťku $t \leq 40 \text{ [mm]}$, je $f_y = 235 \text{ [MPa]}$

3.6 Kontrola svarů.

Při výpočtu svarů, byly použity vzorce pro výpočet statického zatížení, z důvodu předpokládaného počtu zatěžujících cyklů $N \leq 5 \cdot 10^3$ dle [2].

Kontrola svaru podpěrného trojhranu v podpoře B:

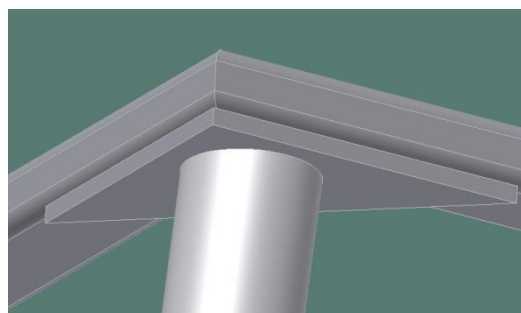


Obr.3.9 - Svar č.1

Výpočet smykové síly:

$$F_{xz} = T_{xz} = N_{sd} \cdot \sin \alpha = 1\,160 \cdot \sin 14^\circ = 280 \text{ [N]} \quad (3.42)$$

V podpoře B je umístěn trojhran z plechu tloušťky $t = 4 \text{ [mm]}$, který slouží ke zpevnění rámu a zároveň jako základna pro umístění svaru nosné trubky. K rámu je přivařen plochým V svarem s nosnou výškou průřezu $a = 3 \text{ [mm]}$ dle obr.3.9.



Obr.3.10 - Prostorové znázornění

Kontrola svaru č.1 na smyk dle [1]:

$$\tau_{//} = \frac{T}{S_{SV}} \leq \tau_{Dsv} = k_2 \cdot \frac{\text{Re}_{11373}}{k_S} \quad (3.43)$$

$$\tau_{//} = \frac{T_{xz}}{2 \cdot a \cdot l_s - a^2} = \frac{280}{2 \cdot 3 \cdot 85} = 0,55 \text{ [MPa]} \quad (3.44)$$

$$\tau_{Dsv} = k_2 \cdot \frac{Re_{11373}}{k_s} = 0,7 \cdot \frac{210}{1,5} = 98 [MPa] \quad (3.45)$$

$S_{sv} [mm^2]$ nosný průřez svaru

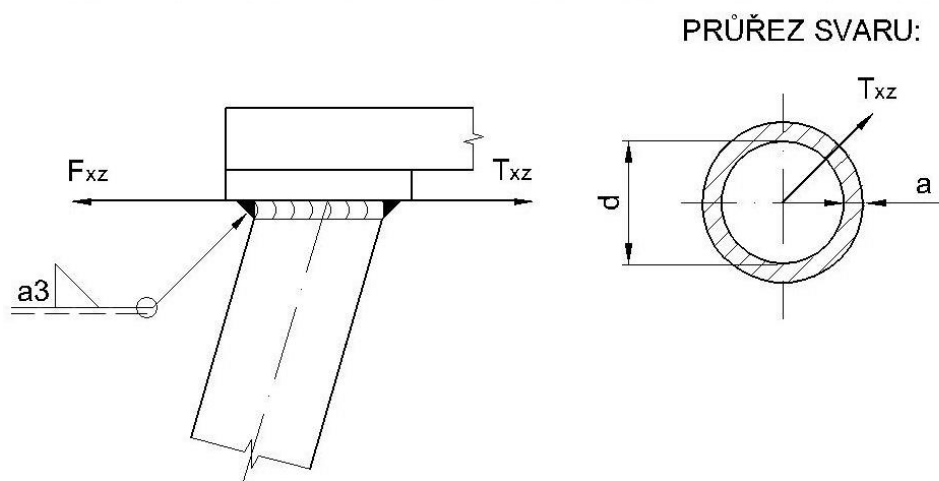
$k_2 = 0,7 [-]$ převodní součinitel pro namáhání smykem dle ČSN 05 0120

$k_s = 1,5 [-]$ součinitel statické bezpečnosti

$$\tau_{//} = 0,55 [MPa] \leq \tau_{Dsv} = 98 [MPa] \quad (3.46)$$

Podmínka je splněna.

Kontrola svaru trubky v podpoře B:



Obr.3.11 - Svar č.2

$$\tau_{//} = \frac{T}{S_{sv}} \leq \tau_{Dsv} = k_2 \cdot \frac{Re_{11373}}{k_s} \quad (3.47)$$

$$\tau_{//} = \frac{T_{xz}}{S_{sv2}} = \frac{280}{358} = 0,78 [MPa] \quad (3.48)$$

pro zjednodušení považujeme skutečný průřez svaru ve tvaru elipsy, za mezikruží:

$$S_{sv2} = \frac{\pi}{4} [(d + 2a)^2 - d^2] = \frac{\pi}{4} [(35 + 2 \cdot 3)^2 - 35^2] = 358 [mm^2] \quad (3.49)$$

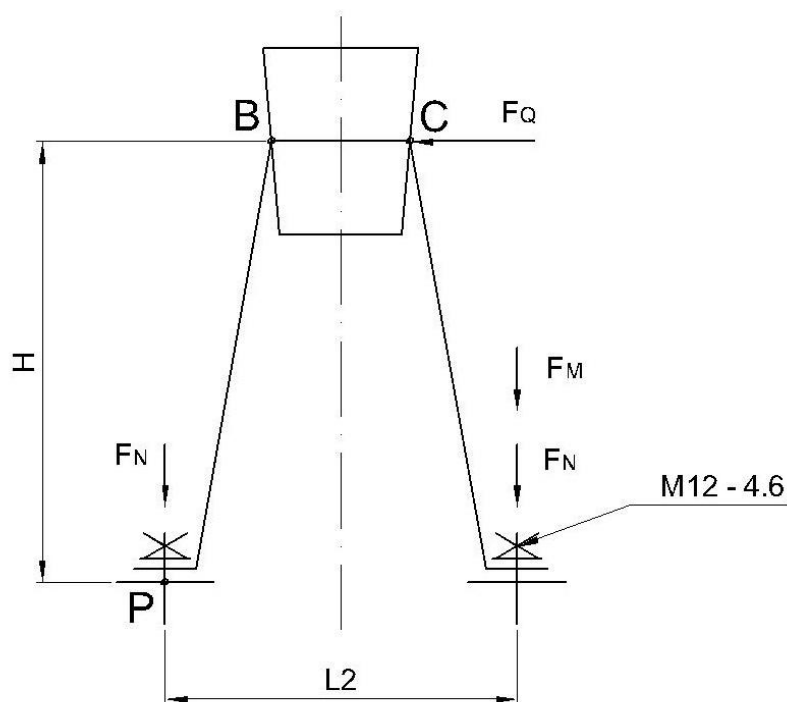
$$\tau_{Dsv} = k_2 \cdot \frac{Re_{11373}}{k_s} = 0,7 \cdot \frac{210}{1,5} = 98 [MPa] \quad (3.50)$$

$$\tau_{//} = 0,78 [MPa] \leq \tau_{Dsv} = 98 [MPa] \quad (3.51)$$

Podmínka je splněna.

3.7 Pevnostní kontrola základových šroubů.

Základové šrouby M12 - 4.6, sloužící jako kotevní šrouby pro celou konstrukci, jsou uloženy v betonovém základu. Kontrola je provedena pro sílu $F_Q = 500 [N]$ (obr.3.12), která napodobuje zatížení konstrukce porывu větru a náhodným zatížením (např. opření osoby o konstrukci).



Obr.3.12 - Působení síly F_Q

$$H = 2\,495 [mm]$$

$$L_2 = 1\,400 [mm]$$

$$F_Q = 500 [N]$$

Geometrické parametry metrického závitu M12:

$$d = 12 \text{ [mm]}$$

$$d_2 = 11,026 \text{ [mm]}$$

$$d_3 = 10,160 \text{ [mm]}$$

$$P = 1,5 \text{ [mm]}$$

$$\alpha = 60 \text{ [}^\circ\text{]}$$

Výpočet osově síly šroubu, potřebné k zachycení posouvající síly a momentu, provedeme pomocí podmínky, že šroub nesmí být namáhán na střih. Z toho plyne složka osově síly šroubu F_N [N]:

$$F_Q < F_T \quad (3.52)$$

$$k \cdot F_Q = 2 \cdot F_N \cdot f \quad (3.53)$$

$f = 0,35$ [-] součinitel smykového tření mezi základem a podstavou

$k = 1,5$ [-] součinitel bezpečnosti

$$F_N = \frac{k \cdot F_Q}{2 \cdot f} = \frac{1,5 \cdot 500}{2 \cdot 0,35} = 1\,072 \text{ [N]} \quad (3.54)$$

Výpočet složky osově síly od klopného momentu:

Zjednodušeně uvažujeme bod naklopení P. Složku osově síly F_M [N] určíme z podmínky momentové rovnováhy.

$$F_Q \cdot H = F_M \cdot L_2 \quad (3.55)$$

$$F_M = \frac{F_Q \cdot H}{L_2} = \frac{500 \cdot 2495}{1400} = 893 \text{ [N]} \quad (3.56)$$

Maximální osová síla je pak součtem sil F_N [N] a F_M [N]:

$$F_0 = F_N + F_M = F_Q \cdot \left(\frac{k}{2 \cdot f} + \frac{H}{L_2} \right) = 500 \cdot \left(\frac{1,5}{2 \cdot 0,35} + \frac{2495}{1400} \right) = 1\,965 \text{ [N]} \quad (3.57)$$

Součinitel statické bezpečnosti:

$$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{R_e}{\sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}} = \frac{240}{\sqrt{24,3^2 + 4 \cdot 11^2}} = 7,3 [-] \quad (3.58)$$

$R_e = 240 [MPa]$ pro šroub pevnostní třídy 4.6 dle [1].

kde příslušná namáhání v tahu a krutu jsou:

$$\sigma_t = \frac{F_0}{A_s} = \frac{F_0}{\frac{\pi}{4} \cdot d_3^2} = \frac{1965}{\frac{\pi}{4} \cdot 10,160^2} = 24,3 [MPa] \quad (3.59)$$

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} [MPa] \quad (3.60)$$

$$\tau = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{F_0 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{1965 \cdot \operatorname{tg}(3,304 + 8,537) \cdot \frac{11,026}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 10,160^3} = 11 [MPa] \quad (3.61)$$

úhel stoupání závitu $\psi [^\circ]$:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} \Rightarrow \psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} = \operatorname{arctg} \frac{1,5}{\pi \cdot 11,026} = 3,304 [^\circ] \quad (3.62)$$

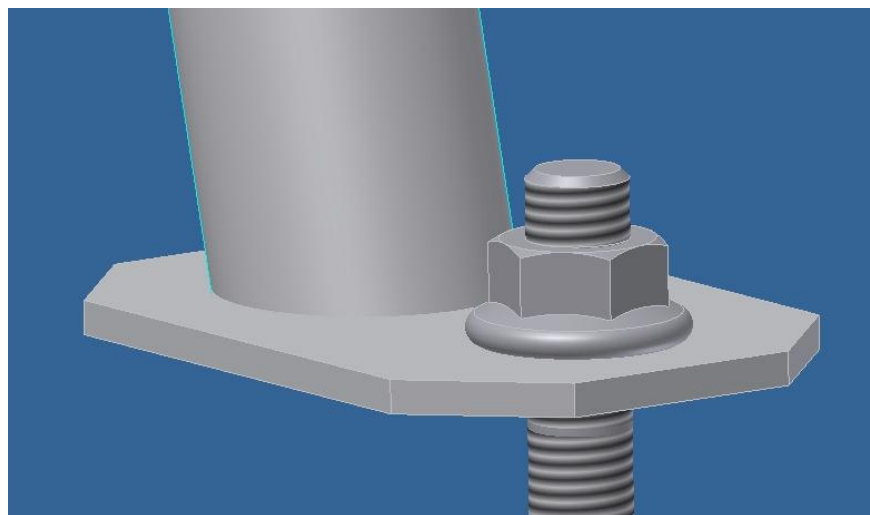
redukovaný třecí úhel $\varphi' [^\circ]$:

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \Rightarrow \varphi' = \operatorname{arctg} \frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \operatorname{arctg} \frac{0,13}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)} = 8,537 [^\circ] \quad (3.63)$$

$f_z = 0,13 [-]$ součinitel tření na závitu dle [1]

3.8 Kontrola plošného tlaku mezi základem a dosedací plochou tělesa.

Mezi dosedací plochou tělesa (obr.3.13) a základovým betonem je nutné provést kontrolu, zda maximální výsledný tlak $p_v [MPa]$, nepřekračuje hodnotu dovoleného tlaku. Dovolенý tlak mezi betonem a ocelí je, dle [1]: $p_D = 3 [MPa]$.



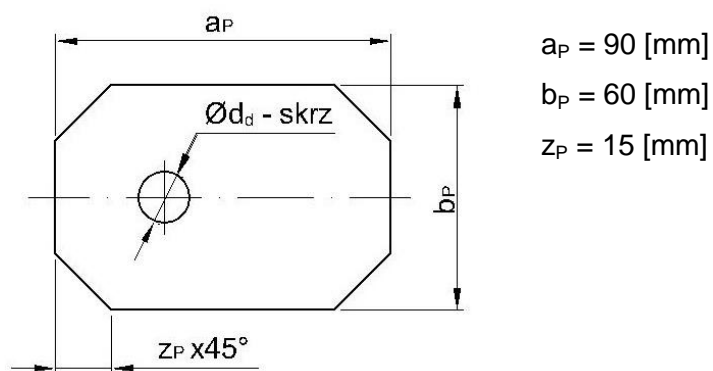
Obr.3.13 - Opěrná plocha tělesa

Na opěrnou plochu S_p [mm²] působí součet sil od utaženého šroubu a zatěžovací síly F_y [N]:

$$p = \frac{F}{S} \text{ [MPa]} \quad (3.64)$$

$$p_v = \frac{F_y + F_N + F_M}{S_p} = \frac{1125 + 1072 + 893}{4796} = 0,65 \text{ [MPa]} \quad (3.65)$$

$$S_p = (a_p \cdot b_p - 2 \cdot z_p^2) - \frac{\pi}{4} \cdot d_d^2 = (60 \cdot 90 - 2 \cdot 15^2) - \frac{\pi}{4} \cdot 14^2 = 4\,796 \text{ [mm}^2\text{]} \quad (3.66)$$



Obr.3.14 - Rozměry opěrné plochy

$$p_v \leq p_D \text{ [MPa]} \quad (3.67)$$

$$0,65 \leq 3 \text{ [MPa]}$$

Podmínka je splněna.

4 Výsledky programu ANSYS

Pro kontrolu a porovnání výše uvedených výsledků, a zároveň pro kontrolní výpočet plechu a svarů nosného koše, byl proveden výpočet pomocí metody konečných prvků (MKP) v programu ANSYS.

Výsledky výpočtu a grafické znázornění je obsaženo v příloze A. Z výsledku je patrné, že součást vyhovuje bezpečnostním požadavkům.

5 Antikorozní ochrana

Ochrana ocelové konstrukce proti korozi je zajištěna základovou barvou

S2102 - PRAGOPRIMER STANDARD [12]

- určena jako základní nátěr k ochraně kovových konstrukcí proti korozi
- zasychání je možné urychlit přisoušením až do teploty 80 ° C
- vysoká odolnost proti povětrnostním podmínkám
- syntetická základní antikorozní barva

a syntetickým rychleschnoucím emailem:

S2029 - PRAGOBAL® [12]

- vrchní lesklý emailový nátěr
- nanášení v 1-2 vrstvách na vypracovaný základní nátěr
- optimální tloušťka jedné vrstvy 30-35 [μm]

Příklad nátěrového postupu dle [12]:

1. 1x barva syntetická základní S2102 PRAGOPRIMER STANDARD
2. tmelení tmelem Polytmelem Rapid® (podle potřeby);
3. přebroušení tmelených míst brusným papírem č. 180-220;
4. 1x S2102 PRAGOPRIMER STANDARD;
5. přebroušení za mokra brusným papírem č. 280-320;
6. 1-2x email syntetický rychleschnoucí S2029 PRAGOBAL.

6 Závěr

Navržená konstrukce je složena ze zakoupené nádrže "Square rain butt" firmy GRAF o objemu 300 [l], a nosné konstrukce z normalizovaných profilů. Ta je z důvodu manipulace a uskladnění rozdělena na tři svařované celky, které se montují pomocí nasunovacích čepů, a následně jsou zajištěny pomocí nýtů. Poloha dna nádrže je ve výšce 2 [m] nad terénem. Tím je zajištěn odtok vody samospádem. Do nádrže je zaveden přívod dešťové vody pomocí okapové spádové roury, a zároveň přívod vody hadicí z vodovodního řadu. Antikorozní ochrana je zajištěna výrobky firmy PRAGO, a to základovým a povrchovým syntetickým emailem.

Ve výpočtové části byla provedena kontrola profilů a svarů nosné konstrukce. Bylo dokázáno, že konstrukce vyhovuje všem požadovaným cílům práce. Ke zvýšení stability přispívá zavětrování rámu, které bylo při výpočtech zanedbáno.

K ustavení konstrukce je třeba provést stavební úpravy. Je nutné vyrovnat terén a vytvořit betonový základ, do kterého se zapustí čepová kotva M12 BZplus, firmy EJOT® [13].

7 Seznam použité literatury

- [1] KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] BOHÁČEK, F. a kolektiv: *Části a mechanismy strojů. I, Zásady konstruování, spoje*. Brno : Vysoké učení technické, 1997. 319 s. ISBN 80-214-0886-3
- [3] LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.
- [4] DRASTÍK, F. a kolektiv: *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu* 2. dopl. vyd. Ostrava: MONTANEX a.s., 1999. Dotisk 2. vyd. 2002. ISBN 80-85780-95-X.
- [5] DIN 1989-1:2001-10 Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung.
- [6] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí. ČNI, Praha, 1998
- [7] ČSN EN 1993-4-2 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 4-2: Zásobníky, nádrže a potrubí - Nádrže. 2001
- [8] GARANTIA, *Rainwater - Square rain butt* [online], [cit.2010-03-03].
Dostupné z: <<http://www.garantia.co.uk/rainwater/rain-butts/rain-butt-square.html>>
- [9] GARANTIA, *Rainwater - Downpipe Filters* [online], [cit.2010-03-03].
Dostupné z: <<http://www.garantia.co.uk/rainwater/downpipe-filters.html>>
- [10] DVOŘÁKOVÁ, D. *Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení* [online], c2007,[cit.2010-03-03].
Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?i=3962&t=2>>
- [11] *Využití dešťové vody - Obecné informace* [online], [cit.2010-03-01].
Dostupné z: < http://www.boehmextruplast.cz/dest_voda/obecne_info.htm >
- [12] BARVY CZ, *Katalog - Kovy* [online], [cit.2010-04-05].
Dostupné z: <<http://www.barvy.cz/katalog.php>>
- [13] EJOT, *Kotvení spodní konstrukce na nosné zdivo - Čepové kotvy* [online], [cit.2010-04-05].
Dostupné z: <<http://www.ejot.cz/produkty/>>

8 Seznam příloh

<u>označení</u>	<u>název</u>	<u>číslo dokumentu</u>
Příloha A	Výpočet nosného koše (ANSYS)	
Příloha B	Výkres sestavy: Konstrukce nádrže.	CER618-BC-01
Příloha C	Výrobní výkres: Nosný rám - část 2.	CER618-BC-02